

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-265919

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 0 L	15/28		B 6 0 L 15/28	X
	3/00		3/00	J
H 0 2 P	6/12		H 0 2 P 6/02	3 7 1 P
	6/24			3 7 1 C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-61241

(22) 出願日 平成7年(1995)3月20日

(71) 出願人 000001340

国産電機株式会社

静岡県沼津市大岡3744番地

(72) 発明者 稲葉 豊

静岡県沼津市大岡3744番地 国産電機株式
会社内

(72) 発明者 青木 成年

静岡県沼津市大岡3744番地 国産電機株式
会社内

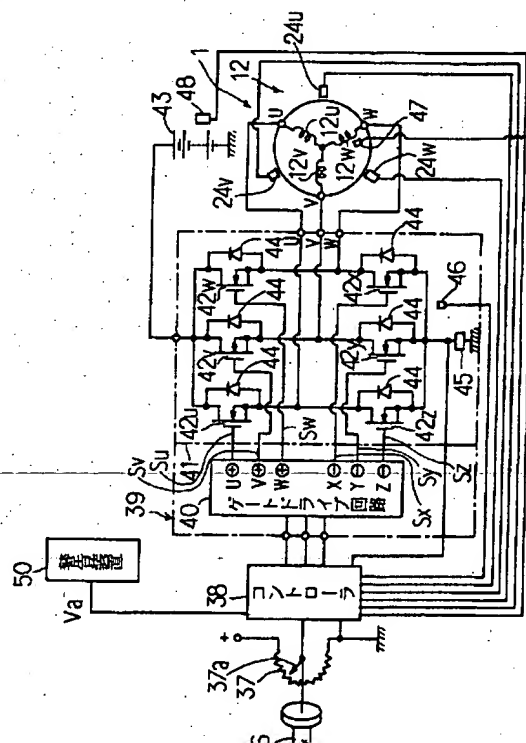
(74) 代理人 弁理士 松本 英俊 (外1名)

(54) 【発明の名称】 電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法

(57) 【要約】

【目的】 電機子コイルや駆動回路の構成部品などが過負荷運転により焼損するのを防ぐことができる電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法を提供する。

【構成】 電動車両用のブラシレス直流電動機1の電機子コイル12の温度及び電機子コイル12に駆動電流を流すスイッチ回路41の温度をそれぞれ検出する温度センサ47及び46を設ける。温度センサ46または47のいずれかにより異常な温度上昇が検出されたときに、電動機1の制御進み角を遅角させる制御を行い、これにより電機子コイル12に供給される駆動電流を制限して駆動電流による発熱を抑制する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バッテリーを電源として、ブラシレス直流電動機のロータの回転角度位置に応じて決定される相の電機子コイルに、速度調節部材の増速側及び減速側への変位に伴ってそれぞれデューティ比が増加及び減少するようにパルス幅変調された駆動電流を流して前記電動機を駆動する車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法であって、

前記駆動電流を流す相を切り換える位相角を制御進み角として、前記電動機の回転数が設定値以下であるときには10 前記制御進み角を予め設定した正規の制御進み角に固定し、前記電動機の回転数が設定された進角開始回転数を超える範囲では前記制御進み角を回転数の上昇に伴って正規の制御進み角よりも進角させ、前記電動機の回転数が設定された進角終了回転数以上になる範囲では前記制御進み角の進角量を設定された値に固定するように、前記制御進み角を回転数に応じて制御し、

前記バッテリーと電機子コイルと該電機子コイルに流す駆動電流を制御する駆動回路とを含む系の各部の内、温度20 の監視を要する部分の温度を検出して、温度の異常上昇が検出されたときに前記制御進み角を遅角させることにより駆動電流を減少させて温度上昇を抑制する温度上昇抑制制御を行うことを特徴とする電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【請求項2】 バッテリーを電源として、ブラシレス直流電動機のロータの回転角度位置に応じて決定される相の電機子コイルに、速度調節部材の増速側及び減速側への変位に伴ってそれぞれデューティ比が増加及び減少するようにパルス幅変調された駆動電流を流して前記電動機を駆動する車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法であって、前記駆動電流を流す相を切り換える位相角を制御進み角として、前記電動機の回転数が設定値以下であるときには前記制御進み角を予め設定した正規の制御進み角に固定し、前記電動機の回転数が設定された進角開始回転数を超える範囲では前記制御進み角を回転数の上昇に伴って正規の制御進み角よりも進角させ、前記電動機の回転数が設定された進角終了回転数以上になる範囲では前記制御進み角の進角量を設定された値に固定するように、前記制御進み角を回転数に応じて制御し、前記バッテリーと電機子コイルと該電機子コイルに流す駆動電流を制御する駆動回路とを含む系の各部の内、温度の監視を要する部分の温度を検出して、温度の異常上昇が検出されたときに前記制御進み角を遅角させることにより駆動電流を減少させて温度上昇を抑制する温度上昇抑制制御を行うことを特徴とする電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

抑制制御を行うことを特徴とする電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【請求項3】 前記速度調節部材の変位量に対する前記デューティ比の変化率を電動機の回転数に応じて変化させるように前記デューティ比を速度調節部材の変位量と回転数とに対して制御することを特徴とする請求項2に記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【請求項4】 前記温度上昇抑制制御では、制御進み角を遅角させたときに同時に駆動電流のデューティ比を減少させる制御をも行わせることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【請求項5】 前記温度上昇抑制制御では、検出された温度が設定値を超えた状態を温度の異常上昇が生じた状態として制御進み角を遅角させる制御を行わせ、検出された温度が設定値未満になった状態を温度の異常上昇が解消された状態として制御進み角を定常時の角度に戻すことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【請求項6】 前記温度上昇抑制制御では、検出された温度が第1の設定値を超えた状態を温度の異常上昇が生じた状態として制御進み角を遅角させる制御を行わせ、検出された温度が第1の設定値よりも低い第2の設定値以下になった状態を温度の異常上昇が解消された状態として制御進み角を定常時の角度に戻すことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【請求項7】 前記温度上昇抑制制御では、検出された温度が第1の設定値を超えた状態を温度の異常上昇が生じた状態として制御進み角を遅角させる制御を行わせ、検出された温度が第1の設定値よりも低い第2の設定値以下になった状態を温度の異常上昇が解消された状態として制御進み角を定常時の角度に戻すことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

えることによりロータを回転させるようになっている。

【0003】ここで駆動電流のデューティ比は、駆動電流のオンオフの周期に対するオン時間の割合を示すもので、駆動電流が流れる時間を t_{on} 、駆動電流が零になる時間を t_{off} 、オンオフの周期を $T (= t_{on} + t_{off})$ とした場合、デューティ比 DF は、 $DF = (t_{on}/T) \times 100 [\%]$ で定義される。

【0004】ブラシレス直流電動機において、駆動電流を流す相を切り換える位相角（電気角）は制御進み角 γ と呼ばれており、この制御進み角 γ は一般には、理論的な切換位相角よりも進み側に設定される。

【0005】ブラシレス直流電動機においては、上記制御進み角 γ により発生トルク及び最高回転数が増減し、トルクを大きくするように制御進み角 γ を設定すると最高回転数が低くなり、制御進み角 γ を進角させていくと最高回転数が高くなるが発生トルクは小さくなっていく。

【0006】電動車両においては、電動機により車軸を直接駆動するダイレクトドライブ方式を採用するか、または電動機の回転を、変速比が一定値に固定された変速機を介して車軸に伝達する方式を採用する場合が多いが、これらの場合には、電動機の駆動回転領域を広くとることが必要とされる。そのためダイレクトドライブ式の電動車両にブラシレス直流電動機を用いる場合には、低速時に十分に大きなトルクを得ることができる制御進み角 γ を正規の制御進み角 γ_0 として設定して、回転数が設定値を超える領域で回転数の上昇に応じて制御進み角 γ を正規の制御進み角 γ_0 に対して進角させ、回転数が設定された進角終了回転数を超える領域では制御進み角の進角量を最大値に保持するようにしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、回転数が設定値を超える範囲で制御進み角 γ を正規の制御進み角 γ_0 よりも進角させる制御を行わせる場合、上り坂等で速度調節部材の増速側への変位量を最大にした状態

（フルスロットルの状態）で運転しているときに、制御進み角 γ が最大進角値に保たれた状態になり、電動機の駆動電流は定格値を超えた状態になる。このような状態が長時間続くと、電機子コイルや駆動装置の半導体スイッチ素子の温度が上昇して許容値を超え、これらが破損するおそれがある。また駆動電流が定格値を超える状態が長時間続くとバッテリーの温度が上昇して、該温度が許容値を超える場合もある。

【0008】そのため、従来は、駆動装置や電機子コイルの温度を検出する温度センサを設けて、該温度センサ

を小さくしても、制御進み角が進角したままであると、無効電流が多く流れるため、回転数が大幅に低下し、走行速度が制限されるという問題が生じる。実用上、温度上昇抑制制御を行なう際の回転速度の落ち込みはできるだけ小さくすることが望ましい。

【0010】本発明の目的は、温度上昇抑制制御を行なった際の回転数の変動幅を小さくすることができるようにした電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、バッテリーを電源として、ブラシレス直流電動機のロータの回転角度位置に応じて決定される相の電機子コイルに、速度調節部材の増速側及び減速側への変位に伴ってそれぞれデューティ比が増加及び減少するようにパルス幅変調された駆動電流を流して前記電動機を駆動する車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法に係わるものである。

【0012】本発明においても、駆動電流を流す相を切り換える位相角を制御進み角として、該制御進み角を回転数に応じて制御するか、または該制御進み角を速度調節部材の変位量と回転数とに対して制御する。

【0013】制御進み角を回転数に応じて制御する場合には、電動機の回転数が設定値以下であるときに制御進み角を予め設定した正規の制御進み角に固定し、電動機の回転数が設定された進角開始回転数を超える範囲では制御進み角を回転数の上昇に伴って正規の制御進み角よりも進角させ、電動機の回転数が設定された進角終了回転数以上になる範囲では制御進み角の進角量を設定された値に固定する。

【0014】また制御進み角を速度調節部材の変位量と回転数とに対して制御する場合には、電動機の回転数が設定値以下であるときには速度調節部材の変位量の如何に係わりなく制御進み角を予め設定した正規の制御進み角に固定し、電動機の回転数が設定値を超える範囲では、速度調節部材の増速側への変位量が回転数に応じて設定された進角開始変位量を超える範囲で制御進み角を速度調節部材の増速側への変位量に対して正規の制御進み角よりも進角させ、速度調節部材の増速側への変位量が設定された進角終了変位量以上になったときには制御進み角の進角量を設定された値に固定する。

【0015】本発明においては、制御進み角に対して上記いずれの制御を行う場合にも、バッテリーと電機子コイルと該電機子コイルに流す駆動電流を制御する駆動回路とを含む系の各部の内、温度の監視を要する部分の温度を検出して、温度の異常上昇が検出されたときに制御進

流のデューティ比をも減少させることにより温度上昇抑制制御を行うようにしてもよい。

【0017】本発明において、駆動電流のデューティ比の制御のしかたは特に限定しないが、制御進み角を速度調節部材の変位量と回転数とに対して制御する場合には、速度調節部材の変位量に対するデューティ比の変化率を電動機の回転数に応じて変化させるようにデューティ比を速度調節部材の変位量と回転数とに対して制御するのが望ましい。

【0018】本発明においてはまた、温度上昇抑制制御が行われているときに、温度上昇抑制制御中であることを示す警告信号を発生させ、該警告信号により警告装置の適宜の表示手段を動作させるようにするのが望ましい。

【0019】本発明において、温度の異常上昇の有無の判定は、検出された温度が設定値を超えているか否かにより行うが、この場合に用いる設定値は1つでもよく、複数でもよい。例えば、検出された温度が設定値以上になっている状態を異常な温度上昇が生じている状態とし、検出された温度が設定値未満になっている状態を異常な温度上昇が解消された状態とするようにしてもよく、検出された温度が第1の設定値以上になった状態を異常な温度上昇が生じた状態とし、検出された温度が第1の設定値よりも低く設定された第2の設定値以下になった状態を異常な温度上昇が解消した状態とするようにしてもよい。

【0020】

【作用】上記のように、温度の監視を要する部分の温度を検出して、温度の異常上昇が検出されたときに制御進み角を遅角させると、駆動電流が減少するため、バッテリーや駆動装置内の駆動電流制御用半導体スイッチ、あるいは電機子コイル等の、駆動電流が流れる部分からの発熱を抑制することができる。

【0021】また上記のように制御進み角を遅角させることにより駆動電流を減少させる方法をとると、以下に示すように、制御進み角を遅角させずに駆動電流のデューティ比をのみを減少させる従来の方法をとった場合に比べて、回転数の落ち込みを少なくすることができる。

【0022】ブラシレス直流電動機を駆動源とした電動車両において、フルスロットルの状態で運転が行われていて、電機子コイルにデューティ比が100%の駆動電流が供給されているとすると、制御進み角が $\gamma_0 \sim \gamma_3$ のときの電動機の出力 P [W] は、回転数 N [rpm] に対して、例えば図8の曲線 $P_m(\gamma_0) \sim P_m(\gamma_3)$ のように変化する。また図8において曲線 $R(\theta_1) \sim R(\theta_4)$ は、それぞれ道路の傾斜角が $\theta_1 \sim \theta_4$ ($\theta_1 < \theta_2 < \theta_3 < \theta_4$) であるときの走行抵抗を示しており、 $R(\theta_0)$ は、傾斜角がほぼ0の場合(平地走行の場合)の走行抵抗を示している。更に、フルスロットルの状態(駆動電流のデューティ比が100%の状態)で走行し

ているときに、制御進み角が $\gamma_1 \sim \gamma_3$ であるとする、駆動電流 I と回転数 N との関係は図7の曲線 $I(\gamma_1) \sim I(\gamma_3)$ になる。

【0023】今制御進み角を γ_3 として、フルスロットルの状態で傾斜角が θ_1 の坂道を走行しているものとする、動作点は図8のa点になり、電動機の回転数は N_a となる。このとき電機子コイルには、図7に示すように、定格値を超えた駆動電流 I_3 が流れる。この状態が長く続くと電機子コイルの温度が過度に上昇して該コイルが破損したり、駆動電流をオンオフする半導体スイッチの温度が上昇して該半導体スイッチが破損したりするおそれがある。

【0024】従来の方法では、このとき制御進み角を γ_3 のままにして、駆動電流のデューティ比を減少させる制御を行っていた。制御進み角を γ_3 のままにして、駆動電流のデューティ比を減少させると、駆動電流 I と回転数 N との関係は図7の曲線 $I(\gamma_3)'$ のようになり、駆動電流は定格値または定格値よりも低い値 I_1 まで低下するが、回転数は N_r まで低下してしまう。この回転数の落ち込みは比較的大きいため、温度上昇抑制制御が働いたときに走行速度が急に低下して運転者に不快感を与えるだけでなく、温度上昇抑制制御が行われている間走行性能が大幅に低下するため好ましくない。

【0025】これに対し、本発明では、所定の温度上昇が検出されたときに制御進み角を例えば γ_1 ($< \gamma_3$) まで遅角させる。このようにすると、図7において動作点はcとなって駆動電流が I_1 まで低下するため、各部の温度上昇が抑制される。また回転数は N_c ($> N_r$) となるため、回転数の落ち込みも抑制され、温度上昇抑制制御が車両の走行性能に与える影響を軽減することができる。

【0026】また、温度上昇時に制御進み角を γ_3 のままにして駆動電流のデューティ比を減少させる制御を行った場合、フルスロットル時の出力対回転数特性は図8の曲線 $P_m(\gamma_3)'$ のように横に寝た特性になるため、負荷変動に対する回転数の変動が大きくなる。温度上昇時に負荷変動に対する回転数の変動が大きい制御を行うと、運転のフィーリングが悪くなり、過負荷に弱い印象を運転者に与えることになり好ましくない。

【0027】これに対し、本発明のように温度上昇時に制御進み角を遅角させる制御を行った場合の出力対回転数特性は、例えば図8の曲線 $P_m(\gamma_1)$ のように立った特性であるため、負荷変動に対する回転数の変動を小さく抑えることができ、運転のフィーリングが悪くなるのを防ぐことができる。

【0028】上記のように、本発明の方法では、異常な温度上昇が検出されたときに制御進み角を遅角させるが、制御進み角を遅角させ過ぎると、無効電流が大きくなり過ぎて好ましくない。そこで、制御進み角を遅角させると同時に駆動電流のデューティ比を減少させる制御

を行わせるようにすると、温度上昇の抑制のための制御進み角の遅角量をそれ程大きくしなくて済むため、無効電流を必要以上に大きくすることなく温度上昇を抑制することができる。

【0029】上記のように、温度上昇抑制制御が行われていることを表示させるようにすると、温度上昇抑制制御が行われているために回転数が上昇しないことを運転者に知らせることができるため、運転者が温度上昇抑制制御が行われている状態を故障と誤解するおそれをなくすることができる。

【0030】

【実施例】図1は、本発明を適用する電動車両の一例として、電動スクータの要部の構成例を示したもので、同図において、1はステータ2とロータ3とからなるアウトロータ構造のブラシレス直流電動機、4はケーシング5とカバー6とからなっていて電動機1を収容するモータハウジング、7はロータ3の回転軸、8は回転軸7をケーシング5に支持する軸受、9は回転軸7に直結された車輪である。

【0031】図示のブラシレス直流電動機1のステータ2は環状の継鉄部から3n個（nは整数で例えば4）の突極部を放射状に突出させたステータ鉄心11と、該ステータ鉄心の突極部に巻回されたコイル12u~12wを3相星形結線して構成された電機子コイル12とからなり、各突極部の外周側端部がステータ磁極13となっている。電機子コイル12の3相出力端子は後述の駆動回路の出力端子に接続されている。

【0032】ロータ3は、ほぼカップ状のフライホイール14の周壁部内周に永久磁石15を取り付けたものからなっている。永久磁石15は径方向に着磁されて、ステータ磁極13と径方向に対向する2n極のロータ磁極16を構成している。

【0033】フライホイール14の底壁部中央にはボス17が設けられ、該ボス17が回転軸7の一端に嵌着されて、ロータ3が回転軸7に取り付けられている。

【0034】ケーシング5は軽合金等からなっていて、カップ状部18と軸受支持部19とを有し、軸受支持部19に嵌装された軸受8により回転軸7が支持されている。ケーシング5は図示しない車両の車体に固定されている。

【0035】カバー6は軽合金等からなっていて、カップ状部20と該カップ状部の底壁中央部に設けられたステータ取付部21とを有し、ステータ取付部21に、ねじ22によりステータ鉄心11が取り付けられている。ケーシング5とカバー6とは、それぞれのカップ状部18及び20の開口側を突き合わせた状態でねじ（図示せず）により互いに結合され、両カップ状部18及び20によりブラシレス直流電動機1が覆われた状態になっている。

【0036】ロータ3の磁極の回転角度位置を検出する

ため、ロータ3のボス17の外周に固着されたロータ位置検出用磁石23と、これを取り囲むように、ステータ鉄心11の環状部に120度間隔で取り付けられたホールIC等のホール素子からなる3個の位置検出器24u~24w（図1には24uのみを図示してある。）とが設けられている。

【0037】軸受8は、軸線方向に間隔をあけて配置された2個のボールベアリング25、25からなっていて、回転軸7を回転自在に支持している。

【0038】車輪9は、リム27と該リムの外周に装着されたタイヤ28とからなっている。リム27の中央部には円筒部29が固定され、円筒部29がスプライン30を介して回転軸7に嵌合されて回転軸7と車輪9とが互いに結合されている。リム27の軸受8側の面には、円筒部29を取り囲む状態ではぼカップ状に形成された泥よけ31が固定されている。

【0039】図2はブラシレス直流電動機1を駆動する駆動制御系の構成を示したもので、この制御系としては公知のものを使用できる。同図において、36は電動スクータのハンドルに設けられたアクセルグリップ（速度調節部材）、37はアクセルグリップ36に可動接触子37aが連結されて両端に直流電圧が印加されたポテンシオメータ（変位置センサ）で、ポテンシオメータ37の可動接触子と接地間に得られる速度調節部材の変位置検出信号と、位置検出器24u~24wから得られるロータ3の位置検出信号とがコントローラ38に入力されている。

【0040】コントローラ38はマイクロコンピュータを備えていて、ポテンシオメータ37から得られる速度調節部材の変位置検出信号と図示しない回転センサから得られる回転数検出信号とに基づいてブラシレス直流電動機1の電機子コイルに供給する駆動電流のデューティ比DFと制御進み角 γ とを決定する。

【0041】コントローラ38はまた、位置検出器24u~24wの出力信号に基づいて駆動電流を流す相を決定して、電機子コイル12の3相のコイル12u~12wにそれぞれ流す駆動電流の位相角とデューティ比とを定めるためのスイッチング信号を駆動回路39に与える。

【0042】駆動回路39はゲートドライブ回路40とスイッチング回路41とを備え、ゲートドライブ回路40はコントローラ38に接続されている。またスイッチング回路41は電機子コイル12のU、V、W3相のコイル12u~12wに接続されている。

【0043】スイッチング回路41は、ドレインソース間回路が直列に結線された3対のFET（電界効果トランジスタ）（42u、42z）、（42v、42y）及び（42w、42x）を並列に接続した構成を有する周知の3相ブリッジ形の回路で、各FETのソース・ドレイン間にはダイオード44が接続されている。FET42

u~42w及び42x~42zのゲートはそれぞれゲートドライブ回路40の出力端子U~W及びX~Zに接続され、FET42u~42wのソースが電機子コイル12のU、V、W3相のコイル12u~12wの入力端子に接続されている。FET42u~42wのドレインの共通接続点にバッテリー43の正極端子が接続され、該バッテリーの負極端子は接地されている。FET42x~42zのソースの共通接続点と接地間に電流検出回路45が接続され、この電流検出回路45から得られる電流検出信号がコントローラ38に入力されている。電流検出回路45は例えば抵抗値が十分に小さい抵抗器からなっていて、その両端に駆動電流の大きさに相応した電流検出信号を発生する。

【0044】本実施例では、駆動回路39の主としてスイッチング回路41の部分の温度を検出する温度センサ46と、電機子コイル12の温度を検出する温度センサ47と、バッテリー43の温度を検出する温度センサ48とが設けられ、これらの温度センサ46~48の出力はコントローラ38に入力されている。

【0045】本実施例ではまた、液晶表示パネル、LED、ブザー等の表示手段を備えた警告装置50が設けられ、コントローラ50が発生する警告信号が警告装置50に入力されている。

【0046】本実施例では、アクセルグリップ（速度調節部材）36と、ポテンシオメータ37と、コントローラ38と、駆動回路39とにより、速度調節部材の増速側及び減速側への変位に伴ってそれぞれデューティ比が増加及び減少するようにパルス幅変調された駆動電流を電機子コイル12u~12wに流す駆動装置が構成されている。

【0047】駆動回路39は、コントローラ38が出力するスイッチング信号に基づいて各FET42u~42w及び42x~42wにそれぞれパルス波形のトリガ信号Su~Sw及びSx~Szを供給してこれらのFETをオン・オフ制御することにより、電機子コイルに駆動電流を流すとともに、各相の駆動電流のデューティ比をアクセルグリップ36の回動量（速度調節部材の変位量）に応じて変化させる。

【0048】図3（A）~（L）は3相ブラシレス直流電動機の各部の信号波形と駆動電流波形とを回転角 θ に対して模式的に示したもので、図3（A）~（C）はそれぞれ位置検出器24u~24wが発生する位置検出信号eu~ewの一例を示している。コントロール回路38はこれらの位置検出信号に論理演算を施すことにより、図3（D）~（F）及び（G）~（I）に示すようなトリガ信号Su~Sw及びSx~Szを作り出す。トリガ信号Su~Sw及びSx~Szがそれぞれ発生している期間FET42u~42w及び42x~42zが導通するため、電機子コイルの3相のコイル12u、12v及び12wにはそれぞれ、図3（J）、（K）及び

（L）に示すように駆動電流が流れる。この例では、図3（D）ないし（I）において、トリガ信号Su~Sw及びSx~Szのそれぞれの立上り及び立下りの位相角がそれぞれ、励磁相の理論的な切換位相角よりも一定の角度だけ進角した状態にある。なお図3においては駆動電流のデューティ比を100%としている。デューティ比を100%未満とした場合には、信号Su~Sw、Sx~Sz及び各駆動電流の波形が所定のデューティ比で断続するパルス波形となる。

【0049】前述のように、ブラシレス直流電動機においては、制御進み角 γ によって最大発生トルク及び最高回転数に変化する。一般には、電動機の用途や要求されるトルク特性、或いは必要とされる最高回転数等に応じて制御進み角の大きさを設定している。

【0050】本実施例においては、電動機の回転数が設定値以下であるときには制御進み角 γ を予め設定した正規の制御進み角 γ_0 に固定し、電動機の回転数が設定された進角開始回転数を超える範囲では制御進み角 γ を回転数の上昇に伴って正規の制御進み角 γ_0 よりも進角させ、電動機の回転数が設定された進角終了回転数以上になる範囲では制御進み角の進角量を設定された最大値に固定するように、制御進み角 γ を回転数に応じて制御する。

【0051】正規の制御進み角 γ_0 をどのように設定するかは任意であるが、本実施例では、電動車両の発進時のトルクを大きくするために、最大トルクが得られる制御進み角を正規の制御進み角 γ_0 とする。

【0052】本実施例では、温度センサ46、47及び48によりそれぞれ駆動装置のスイッチ回路41、電機子コイル12及びバッテリー43の温度を検出して、これらの温度センサのいずれかにより温度の異常上昇が検出されたときに制御進み角をその時の制御進み角よりも遅角させることにより駆動電流を減少させて温度上昇を抑制する温度上昇抑制制御を行う。この温度上昇抑制制御を行うときには、コントローラ38から警告信号Vaを発生させ、該警告信号Vaを警告装置50に与えて、温度上昇抑制制御中であることを示す警告表示を行わせる。

【0053】図4は本実施例における制御進み角 γ と回転数Nとの関係を示したもので、同図に実線で示したように回転数がN1からN4まで上昇する過程で、制御進み角 γ を最大トルクが得られるように設定された正規の制御進み角 γ_0 から設定された制御進み角 γ_3 まで変化させる。 $\gamma_1 \sim \gamma_3$ は正規の制御進み角 γ_0 よりも更に進角した制御進み角を示しており、その進角量は $\gamma_1 \rightarrow \gamma_2 \rightarrow \gamma_3$ の順に大きくなっている。

【0054】また図5は本実施例におけるブラシレス直流電動機の駆動電流のデューティ比DFとスロットル開度（アクセルグリップ36の変位量） α との関係を示したもので、同図に実線で示したようにスロットル開度 α

に対してデューティ比DFを直線的に変化させる。

【0055】図6の曲線P(γ₀)～P(γ₃)は、駆動電流のデューティ比を100%とした場合(スロットル開度を100%附近に設定した場合)のブラシレス直流電動機の出力Pと回転数Nとの間の関係の一例を、制御進み角γ₀～γ₃をパラメータにとって示したものである。図6の曲線R(θ₀)～R(θ₄)はそれぞれ道*

$$R(\theta_x) = V \times \{ (\mu_r + \sin \theta) W + \mu_e \cdot A \cdot V^2 \} \quad \dots (1)$$

ここでVは走行速度、Wは車両重量、μ_rはころがり抵抗、μ_e・Aは空気抵抗を示している。

【0057】図6から明らかなように、制御進み角γを正規の制御進み角γ₀より進角させていくことにより、最高回転数を高くすることができ、出力を高くすることができる。デューティ比を100%とした場合、電動機は、走行抵抗を示す曲線R(θ₀)～R(θ₄)と出力P対回転数N特性を示す曲線P(γ₀)～P(γ₃)との交点で動作することになる。

【0058】出力特性が図6のような場合、駆動電流Iと回転数Nとの関係は図7ようになる。図7においてI(γ₀)～I(γ₃)はそれぞれ制御進み角をγ₀～γ₃とした場合に流れる駆動電流Iと回転数Nとの関係を示している。図7から、制御進み角を遅角させると駆動電流Iが小さくなることが分かる。

【0059】また図8の曲線P_m(γ₀)～P_m(γ₃)はそれぞれ、図6の曲線P(γ₀)～P(γ₃)の最高出力が得られる点を結ぶことにより得られた曲線であり、図9の曲線P(γ₀)1/4～P(γ₀)4/4はそれぞれ、制御進み角がγ₀である場合(進角量が零である場合)に駆動電流のデューティ比を1/4(25%)から4/4(100%)まで変化させた場合の出力対回転数特性を示す曲線である。

【0060】一例として、傾斜角がθ₁の坂道を走行する場合に、図4及び図5に示すように制御進み角γとデューティ比DFとをそれぞれ回転数Nとスロットル開度αとに対して変化させる場合の動作を示すと次の通りである。

【0061】発進時に運転者が所定の速度を得ようとしてスロットル開度を最大にしたとする。このとき電動機にはデューティ比が100%の駆動電流が供給されるため、電動機の出力は図8の実線の曲線に沿って推移する。回転速度が進角開始回転数N₁よりも低い間は、制御進み角γがγ₀(進角量が零)に等しいが、回転数が制御進み角の進角開始回転数N₁以上になると制御進み角γが進角し始め、回転数がN₄以上になると制御進み角γの進角量が最大(=γ₃)となる。フルスロットル状態を維持すると、電動機の回転数は、出力特性曲線P_m(γ₃)と負荷曲線R(θ₁)との交点aにおける回転数N_aまで上昇する。このように電動機が回転数N_aで回転している状態では、図7に示すように、電機子コイル12に定格電流よりも大きい駆動電流I₃が流れる。

*路の傾斜角がθ₀～θ₄のときの走行抵抗を示す負荷曲線で、θ₀は道路が平坦で傾斜角がほぼ零の場合を示し、θ₁～θ₄(θ₁<θ₂<θ₃<θ₄)は上り坂の場合を示している。一般に道路の傾斜角がθ_xのときの走行抵抗R(θ_x)は次式で与えられる。

【0056】

$$R(\theta_x) = V \times \{ (\mu_r + \sin \theta) W + \mu_e \cdot A \cdot V^2 \} \quad \dots (1)$$

【0062】この状態が継続すると電機子コイル12の温度が許容値を超えて該コイルが焼損するおそれがあり、またスイッチ回路41を構成するFET42u～42w及び42x～42zの温度が許容値を超えてこれらのFETが破損するおそれがある。また、定格値を超える駆動電流I₃が流れる状態が継続すると、バッテリー43の温度も許容値を超えるおそれがある。

【0063】そのため本実施例においては、温度センサ46～48のいずれかの出力から異常な温度上昇が検出されたときに、制御進み角γを遅角させることにより温度上昇抑制制御を行わせる。またこのときコントローラ38から警告信号Vaを発生させて、警告装置50に、温度上昇抑制制御中であることの警告表示を行わせる。

【0064】制御進み角γを遅角させると、駆動電流Iが減少し、回転数が低下する。例えば制御進み角γをγ₃からγ₂まで遅角させると、図7に示すように駆動電流Iの平均値はI₂(<I₃)となり、回転数はN_b(<N_a)となる。また制御進み角γを更にγ₁まで遅角させると、駆動電流Iの平均値はI₁(<I₂)となり、回転数はN_c(<N_b)となる。ここでI₁を駆動電流の定格値または定格値よりも若干小さい電流値であるとする、制御進み角がγ₃の状態での運転中に温度の異常上昇が検出されたときに、制御進み角γをγ₁まで遅角させることにより、駆動電流を定格値または定格値よりも小さい値I₁に制限して温度上昇を抑制することができ、電機子コイルが焼損したり、スイッチ回路の半導体スイッチ素子(本実施例ではFET)が破損したりするのを防ぐことができる。

【0065】従来の方法では、制御進み角γをγ₃として(進角量を最大にして)運転中に温度の異常上昇が検出されたときに、制御進み角をγ₃に保持したままの状態での駆動電流のデューティ比DFを減少させて駆動電流をI₁まで低下させていたが、この場合、駆動電流対回転数特性は図7の曲線I(γ₃)'となり、回転数はN_r(<N_c)まで低下するため、温度上昇抑制制御を行った際の回転数の変動幅が大きくなり、出力が大きく低下してしまうという問題があった。

【0066】これに対し、本発明のように、制御進み角γをγ₁まで遅角させることにより駆動電流の平均値をI₁に低下させる方法をとると、回転数はN_cまで低下するが、この回転数N_cは、制御進み角をγ₃に保持したまま駆動電流のデューティ比を小さくして駆動電流

の平均値を同じ $I1$ とした場合の回転数 Nr よりは充分に高いため、温度上昇抑制制御を行った際の回転数の変動幅を小さくすることができ、出力が大きく低下するのを防ぐことができる。

【0067】本発明において、温度の異常上昇の有無の判定は、検出された温度が設定値を超えているか否かにより行うことができる。この場合に用いる設定値は1つでもよく、複数でもよい。例えば、検出された温度が設定値以上になっている状態を異常な温度上昇が生じている状態とし、検出された温度が設定値未満になっている状態を異常な温度上昇が解消された状態とするようにしてもよく、検出された温度が第1の設定値以上になった状態を異常な温度上昇が生じた状態とし、検出された温度が第1の設定値よりも低く設定された第2の設定値以下になった状態を異常な温度上昇が解消した状態とするようにしてもよい。

【0068】本発明において、制御進み角の遅角のさせ方及び遅角の解除のさせ方は任意である。例えば、温度の異常上昇が検出されたときに制御進み角をいきなり所定の角度（温度上昇抑制制御時に流す駆動電流の大きさにより決る。）まで遅角させるようにしてもよく、温度の上昇が検出されたときに制御進み角を温度の上昇に伴って徐々に遅角させるようにしてもよい。

【0069】同様に、温度の異常上昇が解消されたときに、制御進み角をいきなり定常時の角度（温度の異常上昇が生じていないときに回転数に応じて決定される制御進み角、または速度調節部材の変位量と回転数とに対して決定される制御進み角）に戻すようにしてもよく、制御進み角を温度の低下に伴って徐々に定常時の角度に戻すようにしてもよい。

【0070】温度上昇抑制制御時の制御進み角の制御は、マイクロコンピュータにより行ってもよく、電子回路により行ってもよい。マイクロコンピュータにより制御進み角の制御を行う場合には、例えば検出された温度とその温度に対する最適な遅角量との関係を予め実験により求めておいて、温度と遅角量との関係を与える遅角流マップをROMに記憶させておき、いずれかの温度センサから設定値以上の温度が検出されたときに、該温度に対する遅角量を遅角量マップを用いて演算して、制御進み角を演算された遅角量だけ遅角させるようにすればよい。

【0071】また駆動電流を検出する検出回路を設けて、いずれかの温度センサから設定値以上の温度が検出されたときに、駆動電流を所定の値に制限するように、駆動電流の検出値に応じて制御進み角の遅角量を制御するようにしてもよい。

【0072】上記の実施例では、制御進み角を遅角させることによってのみ駆動電流の平均値を所定の値まで低下させるようにしたが、制御進み角の遅角量が余り大きくなると、無効電流が多くなりすぎて好ましくない。温

度上昇抑制制御時に制御進み角の遅角量が大きくなり過ぎる場合には、制御進み角の遅角量を制限して、制御進み角を遅角させる制御と、駆動電流のデューティ比を減少させる制御とを併用することにより、駆動電流を所定の値まで低下させる方法をとるのがよい。

【0073】上記の実施例では、速度調節部材の変位量に対するデューティ比 DF の変化率を回転数の如何に係わりなく一定とし、制御進み角を電動機の回転数に対してのみ制御するようにしているが、以下に示すように、速度調節部材の変位量に対するデューティ比 DF の変化率を電動機の回転数に応じて変化させるようにデューティ比 DF を速度調節部材の変位量と回転数とに対して制御し、制御進み角も回転数と速度調節部材の変位量との双方に対して制御するのが好ましい。

【0074】上記のブラシレス直流電動機において、制御進み角 γ を正規の制御進み角 γ_0 に固定したままでフルスロットルで傾斜角 $\theta 1$ の坂道を走行した場合、動作点は図6の $P1$ となり、駆動電流 $I1$ が流れる。これに対し、制御進み角を正規の制御進み角 γ_0 よりも進角させた場合には、無効電流が多く流れるため、同じ出力に対して、制御進み角を進角させない場合に流れる駆動電流 $I1$ よりも大きな駆動電流が流れ、電動機の効率が悪くなってバッテリーの消耗が激しくなる。

【0075】そこで、効率を高めるために、制御進み角 γ を正規の制御進み角 γ_0 に固定して、スロットル開度に対してデューティ比 DF を変化させる制御のみを行わせることが考えられるが、この場合には、車両の運転感覚を良好にするための設定が難しく、スムーズな運転を行わせるための調整が難しいという問題が生じる。例えば、平地での発進時に速度調節部材をデューティ比が50%となる位置まで変位させてその位置に保持したとすると、電動機の出力は、図9の曲線 $P(\gamma_0)2/4$ に沿って上昇してピークに達した後、直ちに出力特性曲線 $P(\gamma_0)2/4$ に沿って該曲線と負荷曲線 $R(\theta_0)$ との交点まで下降していくため、十分な加速感を得ることができない。また出力特性曲線 $P(\gamma_0)2/4$ と負荷曲線 $R(\theta_0)$ との交点で車両の速度が不足している場合、運転者は速度調節部材を更に増速側に変位させることになるが、その場合も電動機の出力はピークに達した後直ちに下降するので、良好な加速感を得ることができない。

【0076】このように、制御進み角を固定して速度調節部材の変位量に対してデューティ比 DF のみを変化させた場合には、電動機の出力がピークに達した後直ちに負荷と釣り合う動作点に向かって下降していくため、加速性能が悪くなり、スムーズな運転を行わせるための設定が難しいという問題が生じる。

【0077】車両の運転感覚を良好にするための設定を容易にし、スムーズな運転を行わせるための調整を容易にするためには、速度調節部材（本実施例ではアクセルグリップ36）の変位量（スロットル開度） α に対する

デューティ比DFの変化率を電動機の回転数Nに応じて変化させるようにデューティ比DFを速度調節部材の変位量 α と回転数Nとに対して制御するのが良い。

【0078】このような制御を行う場合には、例えば図10に示したように、電動機の回転数Nが高い場合ほど速度調節部材の変位量 α に対する駆動電流のデューティ比DFの変化率を大きくするように、速度調節部材の変位量 α と、電動機の回転数Nと、駆動電流Iのデューティ比DFとの間の関係を与えるデューティ比特性を予め定めておく。図10に示した例では、回転数がN6以下の領域で、スロットル開度 α が0からほぼ100%まで変化したときにデューティ比も0から100%まで変化するように、スロットル開度とデューティ比DFとの関係を定める。また回転数が設定値N6を超える領域では、図示のN7、N8及びN9のように、回転数が高い場合ほどスロットル開度の増加量に対するデューティ比の増加割合が大きくなって、デューティ比が早く（スロットル開度が100%になる前に）100%に達するようにする。そして、速度調節部材の変位量と電動機の回転数とを検出して、上記デューティ比特性から速度調節部材の変位量の検出値と回転数の検出値とに対するデューティ比を求め、駆動電流のデューティ比DFを、デューティ比特性から求められたデューティ比に等しくするように制御する。

【0079】コントローラ38をマイクロコンピュータにより実現する場合には、図10に示したようなデューティ比特性を与えるスロットル開度 α と回転数Nとデューティ比DFとの間の関係をテーブル化して3次元マップとしてマイクロコンピュータのROMまたはEEPROMに記憶させておき、該マップを用いて補間法により検出されたスロットル開度と回転数とに対するデューティ比を演算するようにすればよい。図10のデューティ比特性を与える3次元マップの構造をグラフ化すると例えば図11に示すようになる。

【0080】上記のように、速度調節部材の変位量 α に対するデューティ比DFの変化率を電動機の回転数Nに応じて変化させるように速度調節部材の変位量と回転数と駆動電流のデューティ比との間の関係を与えるデューティ比特性を予め定めておいて、駆動電流のデューティ比を、上記デューティ比特性から速度調節部材の変位量の検出値と回転数の検出値とに対して求めた大きさに等しくするように制御すると、車両の運転感覚を良好にするための設定を容易にすることができる。例えば速度調節部材の変位量を所定の値に保った状態で発進した場合に、電動機

機の最大出力（車両の最高速度）を高め、定常走行時に電動機に流れる無効電流を少なくして電動機の効率を高めるためには、電動機の回転数が設定値以下であるときに速度調節部材の変位量の如何に係わりなく制御進み角を予め設定した正規の制御進み角 γ_0 に固定し、電動機の回転数が設定値を超える範囲では、速度調節部材の増速側への変位量が回転数に応じて設定された進角開始変位量を超える範囲で制御進み角を速度調節部材の増速側への変位量に対して正規の制御進み角よりも進角させ、速度調節部材の増速側への変位量が設定された進角終了変位量以上になったときには制御進み角の進角量を設定された最大値に固定するように制御進み角 γ を速度調節部材の変位量 α と回転数Nとの双方に対して制御するのがよい。

【0082】このような制御を行う場合には、例えば図12に示したように、電動機の回転数が設定値N6以下であるときには速度調節部材の変位量（スロットル開度）の如何に係わりなく電動機の制御進み角 γ を正規の制御進み角 γ_0 に固定して該制御進み角の進角量を零とし、電動機の回転数が設定値N6を超える範囲では、速度調節部材の増速側への変位量 α が回転数N7、N8及びN9（N7 < N8 < N9）に対してそれぞれ設定された進角開始変位量 α_7 、 α_8 、 α_9 を超える範囲で制御進み角 γ を速度調節部材の増速側への変位量に対して、 $\gamma_0 \rightarrow \gamma_1 \rightarrow \gamma_2 \rightarrow \gamma_3$ のように正規の制御進み角 γ_0 よりも進角させ、速度調節部材の進角開始変位量 α_7 、 α_8 及び α_9 を回転数の上昇に応じて小さくし、かつ速度調節部材の増速側への変位量に対する制御進み角の進角量の増加割合を回転数の上昇に応じて小さくするように、速度調節部材の変位量と回転数と制御進み角との間の関係を与える制御進み角特性を予め定めておく。

【0083】そして、上記制御進み角特性から、速度調節部材の変位量の検出値と回転数の検出値とに対する制御進み角 γ を求め、電動機の制御進み角を求められた制御進み角に等しくするように制御する。

【0084】コントローラ38をマイクロコンピュータにより実現する場合には、スロットル開度 α と回転数Nと切換位相角 γ との間の関係を与える3次元マップを作成して記憶させておくことにより、デューティ比と同様に演算することができる。図6の切換位相角特性を与える3次元マップの構造をグラフ化して示すと図13のようになる。

【0085】図13の3次元マップは、図11の3次元マップで各スロットル開度においてデューティ比が100%となる回転数を超える範囲で、スロットル開度の増

【0086】上記のように、電動機の回転数が設定値以下であるときに速度調節部材の変位量の如何に係わりなく制御進み角を予め設定した正規の制御進み角に固定し、電動機の回転数が設定値を超える範囲では、速度調節部材の増速側への変位量が回転数に応じて設定された進角開始変位量を超える範囲で制御進み角を速度調節部材の増速側への変位量に対して正規の制御進み角よりも進角させ、速度調節部材の増速側への変位量が設定された進角終了変位量以上になったときには制御進み角の進角量を設定された最大値に固定するように（例えば図12のように）制御進み角特性を定めておいて、電動機の制御進み角 γ を該特性から求めた制御進み角に等しくするように制御すると、制御進み角を一定としてデューティ比を100%とした場合に得られる電動機の最高回転数よりも高い回転数まで電動機を回転させることが可能になるため、電動機の最大出力及び車両の最高速度を高くすることができ、車両の高速性能を高めることができる。また所定の巡航速度で定常走行する際には、制御進み角の進角量を零にするか、または必要最小限の大きさとする事ができるため、無効電流を低減させて電動機の効率を高めることができる。

【0087】更に図10に示した制御と、図12に示した制御とを併用するようにすると、高速性能及び加速性能を高めて、しかも電動機の効率を高めることができる。

【0088】次に図10のように駆動電流のデューティ比を制御し、図12のように制御進み角を制御する駆動方法を採用した場合の電動機の動作を図14及び図15を参照して説明する。なお図14に示した曲線は図9に示したものと同様であり、図15に示した曲線は図8に示したものと同様である。

【0089】今平地（傾斜角 $=\theta_0$ ）を走行する際に、車速が零の状態から、アクセルグリップを一気にフルスロットルの状態（スロットル開度が100%の状態）にしたとすると、最初は回転数が低く、傾斜が大きい坂道を登るのと同じ状態であるので、電動機の出力 P は図14の原点 O から A 点へと移行する。回転数の上昇の過程で回転数が設定値 N_6 （図12参照）を超えると、制御進み角がスロットル開度 α の増大に伴って γ_3 まで進角していき、出力 P は B 点まで移行する。更にフルスロットルの状態が維持されていると、出力 P は平地走行時の負荷曲線 R （ θ_0 ）と交差する C 点に移行し、回転数が最大になる。その後アクセルグリップを戻していくと、スロットル開度の減少に伴って制御進み角が遅角していき、制御進み角が正規の制御進み角 γ_0 に等しくなる（進角量が零になる）と出力 P は負荷曲線 R （ θ_0 ）と交差する D 点に達して出力と負荷とが釣り合う。このとき電動機は回転数 N_s で回転する。この状態では、従来の駆動方法による場合と異なり、制御進み角の正規の制御進み角からの進角量が零（ $\gamma=\gamma_0$ ）であるので、駆動電

流は図7に示す I_1 となり、平地走行時の電力消費量が最小になる。即ち電動機が回転数 N_s で回転している状態が平地走行時の経済速度となり、バッテリーの消耗が最小になる。この回転数 N_s に対応する車両の走行速度を法定速度に等しくしておけば、交通安全上も好ましいことになる。

【0090】図14の D 点で運転している状態で、スロットル開度を徐々に小さくしていくと、今度はデューティ比 D/F が100%から徐々に減少していき、動作点は $D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow O$ のように移動して、車両が停止する。

【0091】また例えば平地走行時に、スロットル開度を零から徐々に増大させていったとすると、制御進み角が進角しないままの状態ですロットル開度の増大に伴ってデューティ比が増加して動作点が $O \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$ のように移動して D 点に達する。このような操作を行った場合には、加速感は得られないが、消費電流が少ないので経済的な運転を行わせることができる。

【0092】更に、例えば平地走行時に、車速が零の状態からスロットル開度を一定値（例えば50%）に保持したとすると、回転数が設定値 N_6 を超えた後、デューティ比が回転数の上昇に伴って増加していくため、電動機の出力を低下させることなく、回転数を上昇させることができ、加速感を良好にすることができる。またデューティ比が100%を超えた後は制御進み角が正規の制御進み角よりも進角して、回転数を上昇させるため、最大回転数を高くすることができる。

【0093】また車速が零の状態から一気にフルスロットルにし、図15に示したように動作点が B 点に達して回転数が N_s に近くなった時にスロットル開度を絞った場合には、スロットル開度の減少に伴って制御進み角の進角量が減少していき、動作点が D 点に移行する。この場合は、出力 P が最大出力点を通して動作点 D に達するため、大きな加速力が得られる。

【0094】更に登坂時も同様であり、例えば傾斜角が θ_3 のときには、発進時にフルスロットルにすると、図14において動作点が $O \rightarrow A \rightarrow B$ と移行する。ここでスロットル開度を絞ると、制御進み角が遅角し、動作点は B から H へと移行する。更にスロットル開度を絞ると、動作点は $H \rightarrow I \rightarrow J \rightarrow K$ のように移動して車両が停止する。

【0095】上記のように、図10及び図12に示した制御を行って、ブラシレス直流電動機を駆動すると、加速性能を向上させてスムーズな加速を行わせることができる。また、図12の制御進み角の制御を行わせることにより最大回転数を従来よりも高くすることができ、最大回転数を高くすることができる分だけ最大出力を高くすることができる。

【0096】上記の説明では、図10のデューティ比特性による制御と図12の制御進み角特性による制御とを

併用しているが、図10の制御だけを行わせたり、従来と同様なスロットル開度に応じたデューティ比の制御と図12の制御進み角の制御とを併用したりすることもできる。

【0097】図10のデューティ比特性に基く制御のみを行わせた場合には、スロットル開度を所定の大きさに設定して運転を開始したと場合に、そのスロットル開度における最大出力を維持しつつ回転数を所望の回転数まで上昇させることができるので、加速感を良好にすることができ、加速をスムーズに行わせることができる。例えば、図14において、回転数の設定値 N_6 （図10参照）を曲線 $P(\gamma_0)2/4$ のピーク位置付近に設定して、スロットル開度と回転数とに応じてデューティ比を変化させる図10の制御のみを行わせるものとする。平地を走行するに当たって、車速が零の状態スロットル開度を50%とすると、動作点は原点Oから曲線 $P(\gamma_0)2/4$ に沿って移動し、動作点が曲線 $P(\gamma_0)2/4$ の最大出力点aに達した後はその出力を維持したまま曲線 $P(\gamma_0)4/4$ と交わる位置bまで回転数が上昇し、その後曲線 $P(\gamma_0)4/4$ に沿って回転数が N_s まで低下して回転数 N_s に落ち着く。このように、図10の制御のみを行わせた場合には、回転数の設定値 N_6 を適当に定めておくことにより、電動機の出力を維持しつつ回転数を上昇させることができるため、加速感を良好にすることができる。

【0098】上記の実施例では、各スロットル開度に対してデューティ比が100%になる回転数を超える領域で励磁相の制御進み角を進角させる制御を行わせるように、図11及び図13の3次元マップを作成しているが、各スロットル開度に対してデューティ比が100%になる回転数よりも僅かに低い回転数から制御進み角を進角させる制御を行わせるようにしてもよい。

【0099】上記の実施例では、図10に示したように、回転数が大きい場合ほど、速度調節部材の変位量に対するデューティ比の変化率を大きくするようにデューティ比特性を定めているが、必ずしもこのように設定しなくても良い。例えば、車両の速度が過大なるのを防ぐために、回転数が設定値を超える領域で、回転数の上昇に伴ってデューティ比を小さくするようにしてもよい。

【0100】また上記の実施例では、図12に示したように、速度調節部材の進角開始変位量を回転数の上昇に伴って小さくしていき、速度調節部材の増速側への変位量に対する制御進み角 γ の進角量の増加割合を回転数の上昇に伴って小さくするように制御進み角特性を定めているが、これらはあくまでも一例を示したものであって、速度調節部材の進角開始変位量と回転数との関係、及び制御進み角の進角量の増加割合と回転数との関係は、必要とされる運転フィーリング等に応じて、ケースバイケースで適宜に設定することができる。

【0101】上記の例では、電機子コイル12、スイッチ回路41及びバッテリー43の温度を監視しているが、電動機の駆動電流に起因して生じる発熱により温度が上昇するおそれがある場所が更に外にもある場合には、その場所の温度を監視する温度センサを更に設けて、該温度センサによる異常温度上昇の検出を、温度上昇抑制制御の開始条件としてもよい。

【0102】また上記の実施例においてバッテリー43の温度上昇が問題にならない場合には、温度センサ48を省略することができる。

【0103】上記の実施例では、電動機の回転数が設定された進角終了回転数以上になる範囲で制御進み角の進角量を設定された最大値に固定するようにしたが、必ずしも最大値に固定する必要はなく、最大値よりも多少遅角側の値に固定するようにしてもよい。

【0104】上記の実施例では、電動スクータに用いるブラシレス直流電動機に本発明を適用したが、他の電気自動車に用いるブラシレス直流電動機にも本発明を適用することができるのはもちろんである。

【0105】以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本明細書に開示した発明の主な態様を挙げると下記の通りである。

【0106】(1) 多相の電機子コイルを有するステータと磁石界磁を有するロータとを有して前記ロータの回転軸が車両の駆動輪に直接または減速比が一定の減速機を介して結合されたブラシレス直流電動機と、前記ロータの回転角度位置を検出する位置検出器と、バッテリーを電源として、前記位置検出器により検出されたロータの回転角度位置に応じて決定される相の電機子コイルに、速度調節部材の増速側及び減速側への変位に伴ってそれぞれデューティ比が増加及び減少するようにパルス幅変調された駆動電流を流す駆動装置とを備えた電動車両の前記ブラシレス直流電動機を駆動する方法であって、前記駆動電流を流す相を切り換える位相角を制御進み角として、前記電動機の回転数が設定値以下であるときには前記制御進み角を予め設定した正規の制御進み角に固定し、前記電動機の回転数が設定された進角開始回転数を超える範囲では前記制御進み角を回転数の上昇に伴って正規の制御進み角よりも進角させ、前記電動機の回転数が設定された進角終了回転数以上になる範囲では前記制御進み角の進角量を設定された値に固定するように、前記制御進み角を回転数に応じて制御し、前記バッテリーと駆動装置と電機子コイルとを含む系の各部の内、温度の監視を要する部分の温度を検出して、温度の異常上昇が検出されたときに前記制御進み角を遅角させることにより駆動電流を減少させて温度上昇を抑制する温度上昇抑制制御を行うことを特徴とする電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【0107】(2) 多相の電機子コイルを有するステータと磁石界磁を有するロータとを有して前記ロータの

回転軸が車両の駆動輪に直接または減速比が一定の減速機を介して結合されたブラシレス直流電動機と、前記ロータの回転角度位置を検出する位置検出器と、バッテリーを電源として、前記位置検出器により検出されたロータの回転角度位置に応じて決定される相の電機子コイルに、速度調節部材の増速側及び減速側への変位に伴ってそれぞれデューティ比が増加及び減少するようにパルス幅変調された駆動電流を流す駆動装置とを備えた電動車両の前記ブラシレス直流電動機を駆動する方法であつて、前記駆動電流を流す相を切り換える位相角を制御進

み角として、前記電動機の回転数が設定値以下であるときには速度調節部材の変位量の如何に係わりなく前記制御進み角を予め設定した正規の制御進み角に固定し、前記電動機の回転数が設定値を超える範囲では、速度調節部材の増速側への変位量が回転数に応じて設定された進角開始変位量を超える範囲で前記制御進み角を速度調節部材の増速側への変位量に対して正規の制御進み角よりも進角させ、前記速度調節部材の増速側への変位量が設定された進角終了変位量以上になったときには前記制御進み角の進角量を設定された値に固定するように前記制御進み角を速度調節部材の変位量と回転数とに応じて制御し、前記バッテリーと駆動装置と電機子コイルとを含む系の各部の内、温度の監視を要する部分の温度を検出して、温度の異常上昇が検出されたときに前記制御進み角を遅角させることにより駆動電流を減少させて温度上昇を抑制する温度上昇抑制制御を行うことを特徴とする電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【0108】(3) 前記速度調節部材の変位量に対する前記デューティ比の変化率を電動機の回転数に応じて変化させるように前記デューティ比を速度調節部材の変位量と回転数とに対して制御することを特徴とする上記(2)項に記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【0109】(4) 前記温度上昇抑制制御では、制御進み角を遅角させたときに同時に駆動電流のデューティ比を減少させる制御をも行わせることを特徴とする上記(1)ないし(3)項のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【0110】(5) 前記温度上昇抑制制御では、検出された温度が設定値を超えた状態を温度の異常上昇として制御進み角を遅角させる制御を行わせ、検出された温度が設定値未満になった状態を温度の異常上昇が解消された状態として制御進み角を定常時の角度に戻すことを特徴とする上記(1)ないし(4)項のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【0111】(6) 前記温度上昇抑制制御では、検出された温度が第1の設定値を超えた状態を温度の異常上

御進み角を定常時の角度に戻すことを特徴とする上記

(1)ないし(4)項のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【0112】(7) 前記温度上昇抑制制御において、該温度上昇抑制制御が行われていることを示す警告信号を発生させ、該警告信号により警告装置の表示手段を動作させることを特徴とする上記(1)ないし(6)項のいずれか1つに記載の電動車両用ブラシレス直流電動機の駆動方法。

【0113】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、温度の監視を要する部分の温度を検出して、温度の異常上昇が検出されたときに制御進み角を遅角させることにより駆動電流を制限するようにしたため、バッテリーや駆動装置内の駆動電流制御用半導体スイッチ、あるいは電機子コイル等の、駆動電流が流れる部分からの発熱を抑制することができる。

【0114】また本発明によれば、制御進み角を遅角させることにより駆動電流を減少させる方法をとるので、制御進み角を遅角させずに駆動電流のデューティ比のみを減少させる方法をとった場合に比べて、回転数の落ち込みを少なくすることができる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の要部を示す断面図である。

【図2】本発明の実施例の駆動制御系の電気的な構成を示す回路図である。

【図3】図2の各部の信号波形を示す波形図である。

【図4】本発明の駆動方法で用いる制御進み角対回転数特性の一例を示した線図である。

【図5】本発明の駆動方法で用いるデューティ比対スロットル開度特性の一例を示した線図である。

【図6】本発明の実施例の駆動方法による場合の電動機の動作を説明する出力特性曲線図である。

【図7】図6の出力特性を有する電動機の駆動電流対回転数特性を示した線図である。

【図8】本発明の実施例の駆動方法による場合の電動機の動作を説明するための線図である。

【図9】本発明の実施例の駆動方法による場合の電動機の動作を説明するための線図である。

【図10】本発明の駆動方法で用いるデューティ比特性を説明するための線図である。

【図11】図10のデューティ比特性を用いて制御を行う場合に用いる3次元マップの構造を示すグラフである。

【図12】本発明の駆動方法で用いる制御進み角特性を説明するための線図である。

【図13】図12の特性を用いて制御進み角を制御する

る。

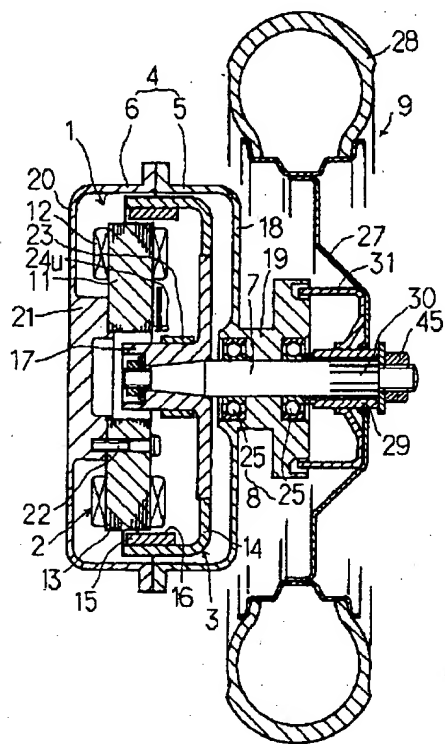
【図15】本発明の実施例の動作を説明する線図である。

【符号の説明】

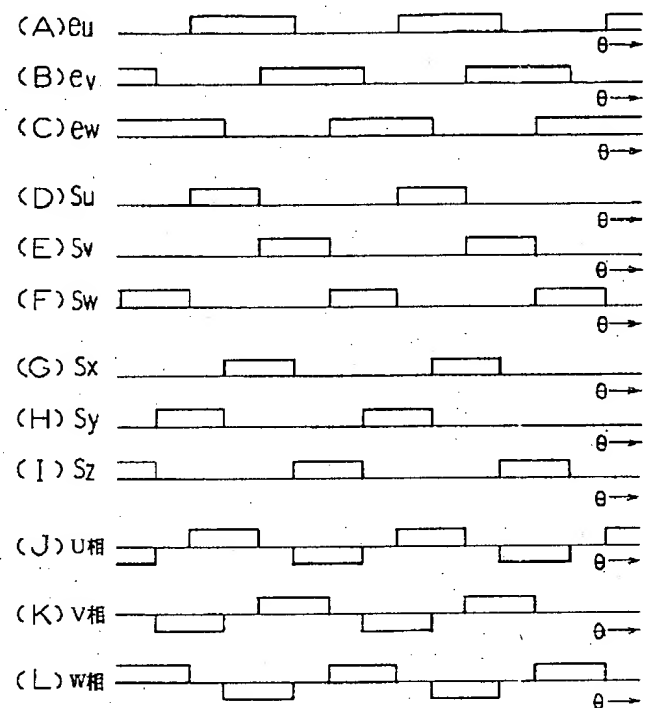
- 1 ブラシレス直流電動機
- 12 電機子コイル
- 36 アクセルグリップ
- 37 ポテンシオメータ

- 38 コントローラ
- 40 ゲートドライブ回路
- 41 スイッチ回路
- 42u ~ 42w FET
- 42x ~ 42z FET
- 45 電流検出回路
- 46 ~ 48 温度センサ

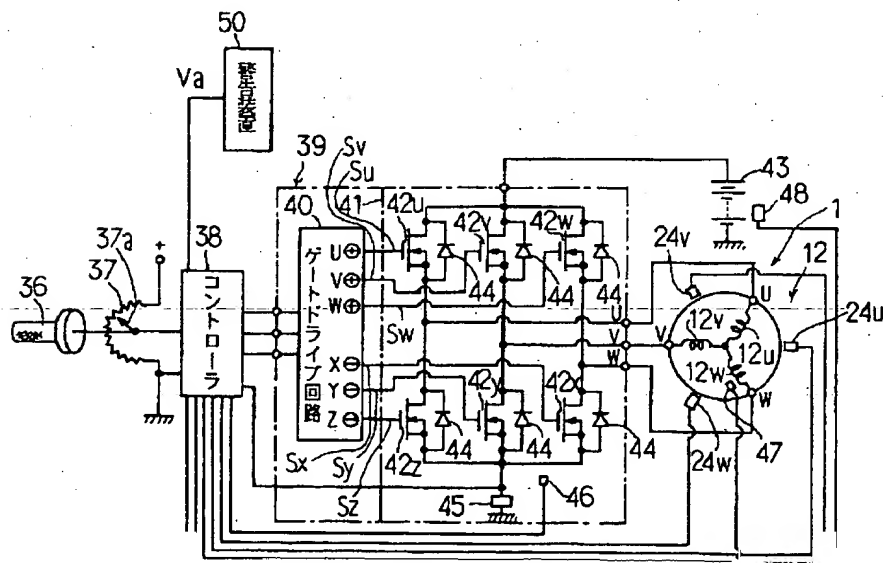
【図1】



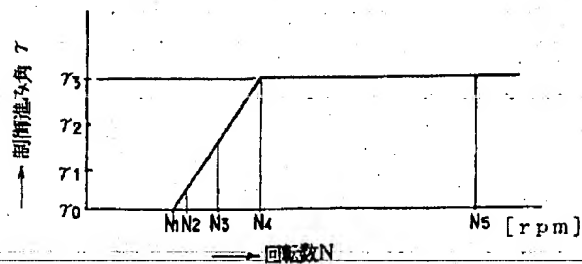
【図3】



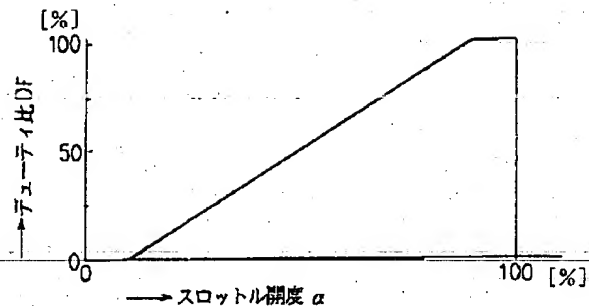
【図2】



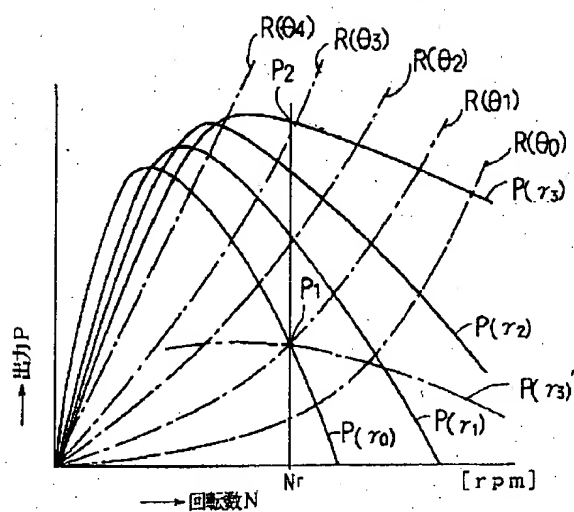
【図4】



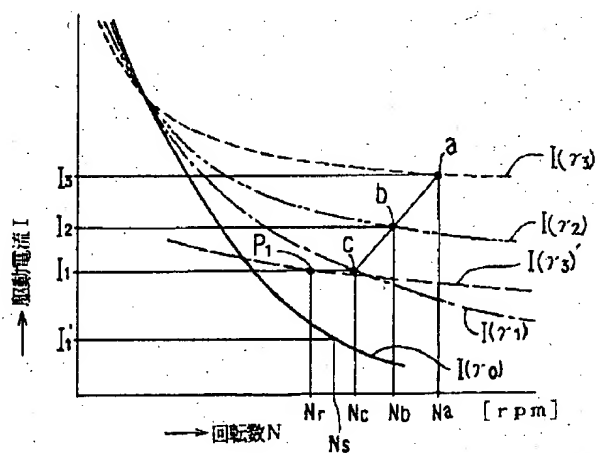
【図5】



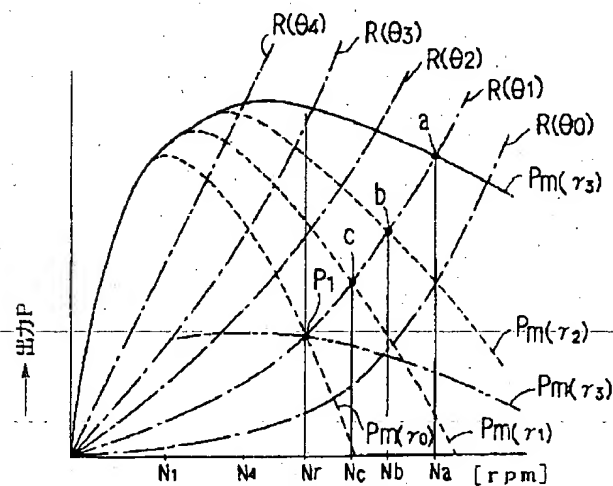
【図6】



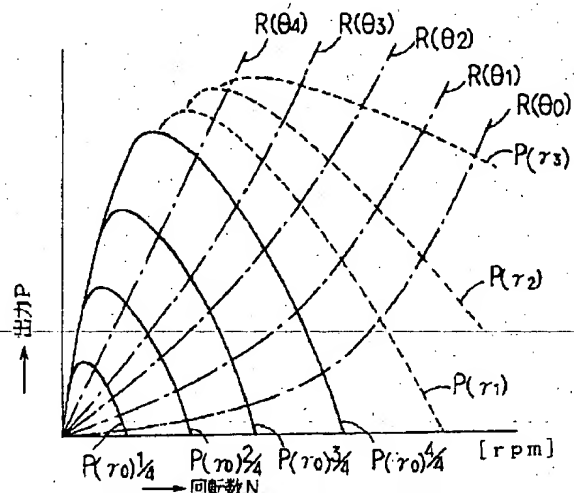
【図7】



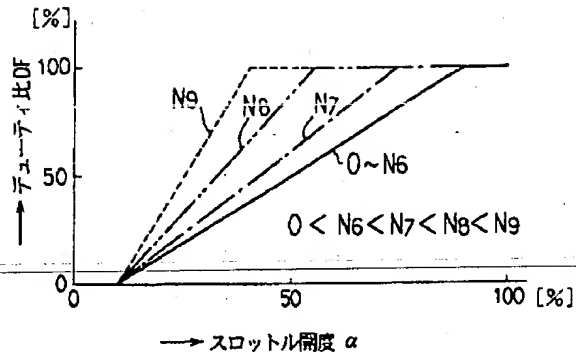
【図8】



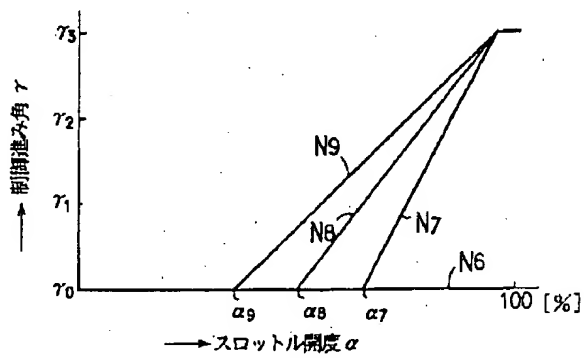
【図9】



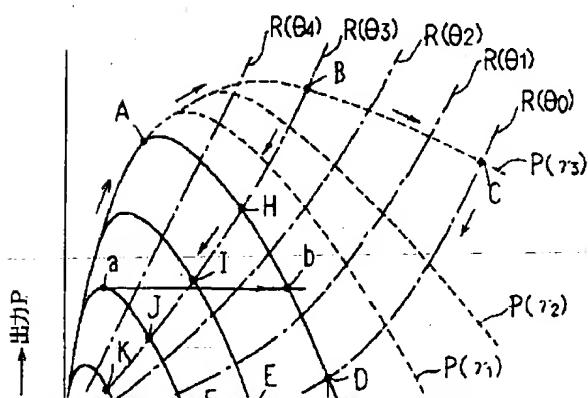
【図10】



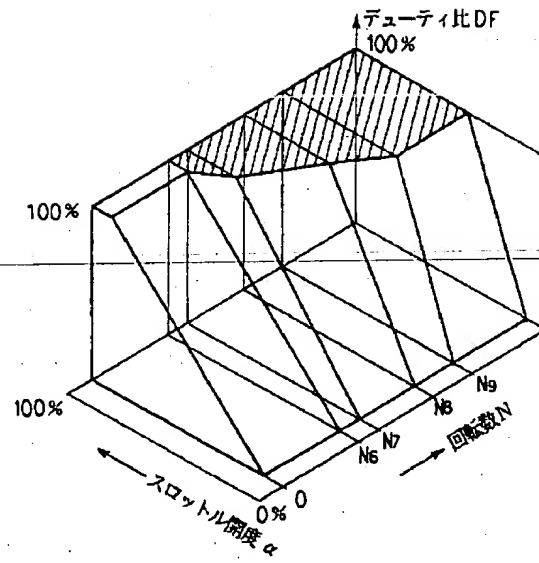
【図12】



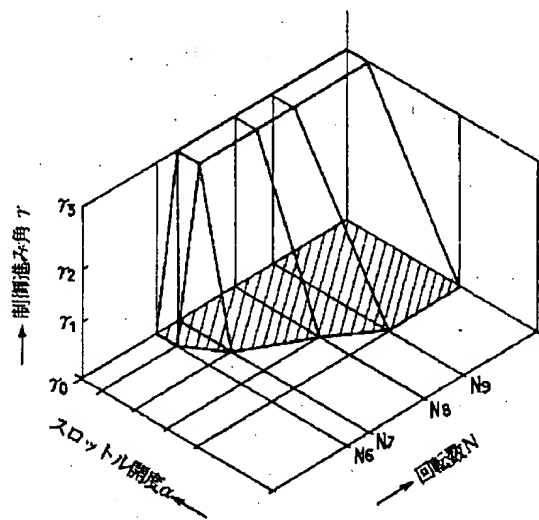
【図14】



【図11】



【図13】



【図15】

